

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2002年 7月10日

出 願 番 号

Application Number:

特願2002-201906

[ST.10/C]:

[JP2002-201906]

出 願 人

Applicant(s):

富士写真フイルム株式会社

Kazuhiko NAGANO, et al. Q76484
LASER APPARATUS IN WHICH LASER DIODES
AND CORRESPONDING COLLIMATOR LENSES
ARE FIXED TO BLOCK, AND FIBER....

Filing Date: July 10, 2003

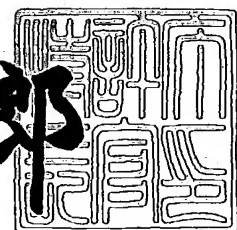
Darryl Mexic 202-293-7060

(3)

2003年 4月18日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

太田信一郎



出証番号 出証特2003-3028626

【書類名】 特許願

【整理番号】 P26962J

【あて先】 特許庁長官 及川 耕造 殿

【国際特許分類】 H01S 5/00

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県足柄上郡開成町宮台 798 番地 富士写真フイルム株式会社内

【氏名】 永野 和彦

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県足柄上郡開成町宮台 798 番地 富士写真フイルム株式会社内

【氏名】 岡崎 洋二

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県南足柄市中沼 210 番地 富士写真フイルム株式会社内

【氏名】 味埜 敏

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県南足柄市中沼 210 番地 富士写真フイルム株式会社内

【氏名】 鈴木 栄二

【特許出願人】

【識別番号】 000005201

【氏名又は名称】 富士写真フイルム株式会社

【代理人】

【識別番号】 100073184

【弁理士】

【氏名又は名称】 柳田 征史

【選任した代理人】

【識別番号】 100090468

【弁理士】

【氏名又は名称】 佐久間 剛

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 008969

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9814441

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 レーザー装置およびその製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項1】 複数の半導体レーザーと、

これらの半導体レーザーを、それぞれの発光点が一方向に並ぶ状態に固定保持したブロックと、

前記半導体レーザーから発せられたレーザービームを各々平行光化する複数のコリメーターレンズとを備えてなるレーザー装置を製造する方法において、

前記ブロックの前記複数の半導体レーザーを固定する部分よりも前方側に、該半導体レーザーの発光軸に垂直とされた平滑な基準面を形成し、

前記複数の半導体レーザーをそれぞれ、対応する前記コリメーターレンズの焦点距離測定情報に基づいて発光軸方向に位置調整して前記ブロックに固定し、

その後前記複数のコリメーターレンズを、前記基準面に倣って位置調整してから該基準面に固定することを特徴とするレーザー装置の製造方法。

【請求項2】 複数の半導体レーザーと、

これらの半導体レーザーを、それぞれの発光点が一方向に並ぶ状態に固定保持したブロックと、

前記半導体レーザーから発せられたレーザービームを各々平行光化する複数のコリメーターレンズとを備えてなるレーザー装置において、

前記ブロックの前記複数の半導体レーザーを固定する部分よりも前方側に、該半導体レーザーの発光軸に垂直とされた平滑な基準面が形成され、

前記複数の半導体レーザーがそれぞれ、対応する前記コリメーターレンズの焦点距離の各々に基づいて発光軸方向に位置調整された状態で前記ブロックに固定され、

前記複数のコリメーターレンズが、前記基準面に倣って位置調整された状態で該基準面に固定されていることを特徴とするレーザー装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明はレーザー装置に関し、特に詳細には、複数の半導体レーザーから発せられたレーザービームを各々コリメーターレンズによって互いに平行な状態にして平行光化するレーザー装置に関するものである。

【 0 0 0 2 】

また本発明は、上述のようなレーザー装置を製造する方法に関するものである。

【 0 0 0 3 】

【従来の技術】

従来、紫外域のレーザービームを発生させる装置として、半導体レーザー励起固体レーザーから発せられた赤外光を紫外域の第3高調波に変換する波長変換レーザーや、エキシマレーザーや、Arレーザーが実用に供されている。

【 0 0 0 4 】

さらには近時、例えば1998年発行のJpn.Appl.phys.Lett.,Vol.37.p.L1020に示されるように、400nm近傍の波長のレーザービームを発するGaN系半導体レーザー（レーザーダイオード）も提供されている。

【 0 0 0 5 】

このような波長のレーザービームを発する光源は、350～420nmの紫外領域を含んだ所定の波長域（以下「紫外域」という）に感度を有する感光材料を露光する露光装置において、露光用光源として適用することも考えられている。その場合の露光用光源は、当然ながら、感光材料を感光させるのに十分な出力を備えることが求められる。

【 0 0 0 6 】

【発明が解決しようとする課題】

しかし上記エキシマレーザーは、装置が大型で、コストやメンテナンスコストも高いという問題がある。

【 0 0 0 7 】

また、赤外光を紫外域の第3高調波に変換する波長変換レーザーは、波長変換効率が非常に低いことから、高出力を得るのは極めて困難になっている。現在のところは、30Wの半導体レーザーで固体レーザー媒質を励起して10Wの基本波（

波長1064nm)を発振させ、それを3Wの第2高調波(波長532nm)に変換し、それら両者の和周波である1Wの第3高調波(波長355nm)を得る、というのが現在の実用レベルである。その場合の半導体レーザーの電気-光効率は50%程度であり、そして紫外光への変換効率は1.7%程度と非常に低いものとなっている。そしてこのような波長変換レーザーは、高価な光波長変換素子を用いるために、コストがかなり高いものとなっている。

【0008】

またArレーザーは電気-光効率が0.005%と非常に低く、寿命が1000時間程度と非常に短いという問題がある。

【0009】

一方、GaN系半導体レーザーについては、低転位のGaN結晶基板が得られないことから、ELOGという成長方法によって約5 μ m程度の低転位領域を作り出し、その上にレーザー領域を形成して高出力化と高信頼性を実現する試みがなされている。しかし、こうして作製されるGaN系半導体レーザーにおいても、大面積に亘って低転位の基板を得るのが難しいので、500mW~1W級の高出力なものは未だ商品化されていない。

【0010】

また、半導体レーザーの高出力化の別の試みとして、例えば1つで100mWの光を出力するキャビティを100個形成することで10Wの出力を得るようなことも考えられているが、100個程度の多数のキャビティを高歩留まりで作成することは、ほとんど現実性が無いと言える。特に、シングルキャビティの場合でも99%以上の高歩留まり化は困難であるGaN系半導体レーザーにあっては、なおさらである。

【0011】

本出願人は上記の事情に鑑みて、先に特願2000-273849号および同-273870号において、特に高出力が得られるレーザー装置を提案した。

【0012】

特願2000-273849号のレーザー装置は、複数の半導体レーザーと、1本のマルチモード光ファイバーと、上記複数の半導体レーザーからそれぞれ出

射したレーザービームを集光した上で上記マルチモード光ファイバーに結合させる集光光学系とを備えてなるものである。このレーザー装置の好ましい実施の形態において、上記複数の半導体レーザーは、それぞれの発光点が一方方向に並ぶ状態に配設される。一方特願2000-273870号のレーザー装置は、複数の発光点を有するマルチキャビティ半導体レーザーチップが、複数個並べて固定されてなるものである。

【0013】

上記のように、複数の半導体レーザーが各発光点が一方方向に並ぶ状態に配設されてなるレーザー装置において、通常複数の半導体レーザーは、CuまたはCu合金製の放熱ブロック等のブロックに固定保持される。

【0014】

また、複数の半導体レーザーからはそれぞれレーザービームが発散光状態で発せられるので、それらのレーザービームを1点に集束させる等の場合は、発散光状態のレーザービームをコリメーターレンズに通して平行光化し、さらに平行光化されたレーザービームを互いに同じ方向に進行させた上で集光レンズに入射させる必要がある。そのためには、各コリメーターレンズの焦点位置が半導体レーザーの発光点にあって、かつ各半導体レーザーの発光点とコリメーターレンズの中心とを結ぶ線が互いに平行になっている状態に両者を位置合わせしなければならない。もしこの位置合わせが不正になされていると、複数のレーザービームを十分小さなスポット径に収束させることが不可能になる。

【0015】

この問題を防止するためには、コリメーターレンズを半導体レーザーに合わせて、狭ピッチにXYZ3方向にミクロン～サブミクロン精度で調芯位置決めする必要がある。ピッチが狭くなると当然レンズとレンズの間隔が狭まり、例えば100 μ m以下の隙間しか取ることができない。アクティブ方式で半導体レーザーを光らせて、1個1個レンズを動かして調整位置決めする方法が知られているが、レンズ保持を確実にこなうための設備スペースに余裕がなく、半導体レーザー基準でレンズを動かしながら3軸方向に調芯位置決めするのは容易でない。

【0016】

例えば3軸調芯するには、必ずホルダ部材を介してコリメーターレンズとレーザーブロックを固定しなければならないため、固定箇所は少なくとも2箇所必要となり、7個の半導体レーザーを合波に使用する場合には14箇所の固定をすべてミクロン～サブミクロン精度で調芯位置決め固定しなければならない。この場合の歩留りは個々の歩留りの14乗で効いてくるため、固定信頼性を上げるにしても、接着箇所が増えれば歩留りを一定以上確保することが非常に困難となる。

【0017】

またホルダとレンズと半導体レーザーブロックの接着面平行度を合わせる事が固定精度を保つ上で重要な要素となるが、部品製作精度によって、この3者をもに合わせる事とレンズと半導体レーザーの光軸を合わせることが必ずしも両立しない矛盾が起こり、精度確保が難しい状況となる。したがって調芯歩留りが悪化したり、調芯時間が長くなったり、部品コストが上がったりして、レーザー装置のコストアップを招く。

【0018】

本発明は上記の事情に鑑みてなされたものであり、複数の半導体レーザーが各発光点が一方向に並ぶ状態に配設されてなるレーザー装置を製造する方法において、各コリメーターレンズの焦点位置が半導体レーザーの発光点にあって、かつ各半導体レーザーの発光点とコリメーターレンズの中心を結ぶ線が互いに平行になっている状態に両者を正確に位置合わせ可能とすることを目的とする。

【0019】

また本発明は、コリメーターレンズおよび半導体レーザーが上記のように正確に位置合わせされたレーザー装置を提供することを目的とする。

【0020】

【課題を解決するための手段】

本発明によるレーザー装置の製造方法は、

複数の半導体レーザーと、

これらの半導体レーザーを、それぞれの発光点が一方向に並ぶ状態に固定保持したブロックと、

前記半導体レーザーから発せられたレーザービームを各々平行光化する複数の

コリメーターレンズとを備えてなるレーザー装置を製造する方法において、

前記ブロックの複数の半導体レーザーを固定する部分よりも前方側に、該半導体レーザーの発光軸に垂直とされた平滑な基準面を形成し、

前記複数の半導体レーザーをそれぞれ、対応するコリメーターレンズの焦点距離測定情報に基づいて発光軸方向に位置調整して前記ブロックに固定し、

その後複数のコリメーターレンズを、前記基準面に倣って位置調整してから該基準面に固定することを特徴とするものである。

【0021】

また本発明によるレーザー装置は、

複数の半導体レーザーと、

これらの半導体レーザーを、それぞれの発光点が一方向に並ぶ状態に固定保持したブロックと、

前記半導体レーザーから発せられたレーザービームを各々平行光化する複数のコリメーターレンズとを備えてなるレーザー装置において、

前記ブロックの複数の半導体レーザーを固定する部分よりも前方側に、該半導体レーザーの発光軸に垂直とされた平滑な基準面が形成され、

前記複数の半導体レーザーがそれぞれ、対応するコリメーターレンズの焦点距離の各々に基づいて発光軸方向に位置調整された状態でブロックに固定され、

前記複数のコリメーターレンズが、前記基準面に倣って位置調整された状態で該基準面に固定されていることを特徴とするものである。

【0022】

なお上記構成の本発明によるレーザー装置においては、半導体レーザーがサブマウントにジャンクションダウンで実装され、この半導体レーザーを固定したサブマウントが、各々の半導体レーザーの発光点が1列に並ぶように、前記ブロックとしてのヒートブロック上に配設されていることが望ましい。

【0023】

またそのようにする場合は、サブマウント側から見た時に半導体レーザー先端部の発光位置を示す特徴点を認識できるように実装されていることが望ましい。

【0024】

【発明の効果】

本発明によるレーザー装置の製造方法は、前記ブロックの複数の半導体レーザーを固定する部分よりも前方側に、該半導体レーザーの発光軸に垂直とされた平滑な基準面を形成し、複数の半導体レーザーをそれぞれ、対応するコリメーターレンズの焦点距離測定情報に基づいて発光軸方向に位置調整してブロックに固定するようにしたので、各コリメーターレンズの焦点位置に正確に各半導体レーザーの発光点が位置する状態にそれら両者を位置合わせ可能となる。そして、その後複数のコリメーターレンズを、前記基準面に倣って位置調整してから該基準面に固定するようにしたので、各半導体レーザーの発光点とコリメーターレンズの中心を結ぶ線が互いに平行になっている状態を作ることができる。

【0025】

そこでこのレーザー装置の製造方法によれば、各半導体レーザーから発せられたレーザービームを正確に平行光化し、そしてそれらの平行光化されたレーザービームを互いに平行に進行させるレーザー装置を得ることができる。そのようなレーザー装置によれば、集光レンズと併せて用いることにより、複数のレーザービームを十分小さなスポット径に収束させることが不可能になる。

【0026】

また、従来のレンズによる調整で、半導体レーザーとコリメーターレンズの固定箇所は合波本数の2倍となり、信頼性確保が困難であった。本発明では、半導体レーザー側で焦点合わせすることによって、固定箇所が半減（合波本数）し、シンプルな調芯装置構成とすることができるので、工数も少なくより信頼性の高い組立が期待できる。歩留りはべき乗で効いてくるため、固定箇所の半減の効果は大きい。

【0027】

【発明の実施の形態】

以下、図面を参照して本発明の実施の形態を説明する。

【0028】

図1および2はそれぞれ、本発明の第1の実施の形態によるレーザー装置の平面形状、側面形状を示すものである。図示されるようにこの合波レーザー光源は

、銅からなるヒートブロック（ヒートシンク）10の水平なレーザー固定面10a上に配列固定された一例として7個のチップ状態の横マルチモードGa_{0.4}N系半導体レーザーLD1, LD2, LD3, LD4, LD5, LD6およびLD7と、各Ga_{0.4}N系半導体レーザーLD1, LD2, LD3, LD4, LD5, LD6およびLD7に対してそれぞれ設けられたコリメーターレンズ11, 12, 13, 14, 15, 16および17とから構成されている。

【0029】

また図4, 5および6には、このレーザー装置を用いた紫外光高輝度合波ファイバーモジュールの側面形状、平面形状、正面形状を示してある。この合波ファイバーモジュールについては、後に詳しく説明する。

【0030】

なお本実施の形態では、Ga_{0.4}N系半導体レーザーLD1～7はそれぞれサブマウントM上に固定され、このサブマウントMを介してヒートブロック10のレーザー固定面10a上に固定されている。ヒートブロック10に対するGa_{0.4}N系半導体レーザーLD1～7の取付状態を図3に示す。なおGa_{0.4}N系半導体レーザーLD1～7は、サブマウントMを介さずに直接レーザー固定面10a上に固定されても構わない。

【0031】

以下、Ga_{0.4}N系半導体レーザーLD1～7およびコリメーターレンズ11～17の取付けについて詳しく説明する。コリメーターレンズ11～17の焦点距離を予め別の測定系にて測定しておく。それぞれの測定結果がコリメーターレンズ製作基準面を正にして、 f_1 に対する誤差 $\Delta f_{11} \sim \Delta f_{17}$ で表されとする。

【0032】

サブマウントM上に予め実装されたGa_{0.4}N系半導体レーザーLD1～7をヒートブロック10上に順次並べてアレイ状にする時に、ヒートブロック10の一面を基準面Sにして、コリメーターレンズ11～17の製作基準面を互いに突き当てにより面合わせし、この面から $f_1 = 3 \text{ mm}$ の位置を基準としてそれぞれ誤差 $\Delta f_{11} \sim \Delta f_{17}$ 分補正をかけて、光軸方向（焦点距離調整方向：図1および2の左右方向）に位置決めする。この時Ga_{0.4}N系半導体レーザーLD1～7の焦点方向の位置基

準は、出射端面を形成するチップエッジとなる。

【0033】

GaN系半導体レーザーLD1～7の並び方向には、設計寸法である1.25mmピッチで位置決めする。この方向の位置決めは、後でレンズ調整する工程があるため厳しい精度は要求されない。その後調整した位置にて、サブマウントM上に予め実装されたGaN系半導体レーザーLD1～7をヒートブロック10にアレイ状に実装固定する。

【0034】

本実施の形態ではヒートブロック10の一面Sを基準面とした。部品精度、コストから一体のヒートブロック10に基準面をとる事が好ましいが、基準面は別部材で構成しても構わない。

【0035】

GaN系半導体レーザーLD1～7から発散光状態で出射したレーザービームB1, B2, B3, B4, B5, B6およびB7(図5参照)は、それぞれヒートブロック10の基準面Sに取り付けられたコリメーターレンズ11, 12, 13, 14, 15, 16および17によって平行光化される。

【0036】

なぜならば、この基準面Sに例えばコリメーターレンズ11を突き当て状態にすることで、該コリメーターレンズ11とGaN系半導体レーザーLD1との間の距離は、 $f_1 + \Delta f_{11}$ すなわち、実測焦点距離に等しくなるからである。他のGaN系半導体レーザーLD2～7とコリメーターレンズ12～17に関しても、互いの間の距離は実測焦点距離の $f_1 + \Delta f_{12} \sim f_1 + \Delta f_{17}$ に設定される。したがって、コリメーターレンズ11～17を改めて光軸方向に調整する必要がなくなり、光軸調整固定のためのレンズホルダを必要としない構造となる。

【0037】

次に、GaN系半導体レーザーLD1～7から射出されるレーザービームB1～7の調整について説明する。レーザービームB1～7は軸同士の平行度が重要になる。これらのビームは平行光になっているが、互いに軸同士が平行なビームとなっていないので、コリメーターレンズ11～17をレーザー発光軸Oと直交するヒ

ートブロック10の基準面Sに突き当て、各々対応するGa N系半導体レーザーLD 1～7に対して焦点距離が変わらないようにして、各々面内位置調整固定することによって、平行ビームの方向を合わせることが必要となる。

【0038】

この時、コリメータレンズ11～17が基準面Sに当て付けで押し付けられるが、焦点方向の再現性を保つには、レンズ表面と基準面Sの表面粗さは部品製作上小さく抑える必要がある。この表面粗さは、好ましくは中心線平均粗さRaで1 μ m以下とする。面内の位置調整は通常、Ga N系半導体レーザーLD 1～7を光らせて、コリメートされたレーザービームB 1～7を集光レンズを通してNFP光学系に結像し、その画像が1点に集光するように行う。こうしてコリメータレンズ11～17はそれぞれ、Ga N系半導体レーザーLD 1～7に対して基準面内位置調整が施され、順次固定される。コリメータレンズ11～17の固定箇所はこの1箇所だけとなり、簡単な調芯装置構成とすることができるので、工数も少なくより信頼性の高い組立が期待できる。

【0039】

なおコリメータレンズ11～17の焦点距離の測定は、本実施の形態では別測定系で行っているが、Ga N系半導体レーザーLD 1～7をチップ状態でプローバなどによって給電しながらオンラインに発光させて、コリメータレンズ11～17を基準として焦点方向に移動しながら、FFP光学系などを利用してコリメータレンズ11～17を通したレーザービームB 1～7の広がり角が最も小さくなる点を探してここを焦点位置とし、その場でヒートブロック10に実装してしまう方法を採用してもよい。

【0040】

次に、上記のレーザー装置を用いた紫外光高輝度合波ファイバーモジュールについて、図4、5および6を参照して詳しく説明する。これらの図4、5および6はそれぞれ、本ファイバーモジュールの側面形状、平面形状、正面形状を示すものである。

【0041】

Ga N系半導体レーザーLD 1～7は、発振波長が例えば全て共通の405nm

であり、最大出力も全て共通の100mWである。これらのGa_{0.5}In_{0.5}N系半導体レーザーLD1, LD2, LD3, LD4, LD5, LD6およびLD7から発散光状態で出射したレーザービームB1, B2, B3, B4, B5, B6およびB7は、それぞれコリメーターレンズ11, 12, 13, 14, 15, 16および17によって平行光化される。

【0042】

平行光とされたレーザービームB1～7は、集光レンズ20によって集光され、マルチモード光ファイバー30のコア30aの入射端面上で収束する。本例ではコリメーターレンズ11～17および集光レンズ20によって集光光学系が構成され、それとマルチモード光ファイバー30とによって合波光学系が構成されている。すなわち、集光レンズ20によって上述のように集光されたレーザービームB1～7がこのマルチモード光ファイバー30のコア30aに入射してそこを伝搬し、1本のレーザービームBに合波されてマルチモード光ファイバー30から出射する。なおマルチモード光ファイバー30としては、ステップインデックス型のもの、グレーデッドインデックス型のもの、およびそれらの複合型のものが全て適用可能である。

【0043】

本例においてモジュールを構成する光学要素は、上方が開口した箱状のパッケージ40内に収容され、このパッケージ40の上記開口がパッケージ蓋41によって閉じられることにより、該パッケージ40およびパッケージ蓋41が画成する閉空間内に密閉保持される。

【0044】

パッケージ40の底面にはベース板42が固定され、このベース板42の上面に前記ヒートブロック10が取り付けられ、そしてこのヒートブロック10にコリメーターレンズ11～17を保持するコリメーターレンズホルダ44が固定されている。さらにベース板42の上面には、集光レンズ20を保持する集光レンズホルダ45と、マルチモード光ファイバー30の入射端部を保持するファイバーホルダ46が固定されている。またGa_{0.5}In_{0.5}N系半導体レーザーLD1～7に駆動電流を供給する配線類47は、パッケージ40の横壁面に形成された開口を通してパッケージ外に引き出されている。

【0045】

なお図4においては、図の煩雑化を避けるために、Ga N系半導体レーザーLD 1～7のうち1つのGa N系半導体レーザーLD 7にのみ番号を付し、同様にコリメーターレンズ11～17のうち1つのコリメーターレンズ17にのみ番号を付してある。

【0046】

図6は、上記コリメーターレンズ11～17の取付部分の正面形状を示すものである。ここに示されるように各コリメーターレンズ11～17は、非球面円形レンズの光軸を含む領域を細長く切り取った形とされたものであり、例えば樹脂あるいは光学ガラスをモールド成形することによって形成される。図7の(1)および(2)にはそれぞれ、それらを代表して1つのコリメーターレンズ17の拡大側面形状および正面形状を、要部の寸法（単位はmm）も入れて示してある。

【0047】

図6および7に示される通りコリメーターレンズ11～17は、Ga N系半導体レーザーLD 1～7の発光点の並び方向（図6の左右方向）の開口径が該方向に直角な方向（図6の上下方向）の開口径よりも小さく形成されて、上記発光点の並び方向に密接配置されている。

【0048】

一方Ga N系半導体レーザーLD 1～7としては、発光幅が $2\mu\text{m}$ で、活性層と平行な方向、直角な方向の拡がり角が一例としてそれぞれ 10° 、 30° の状態で作成されたレーザービームB 1～7を発するものが用いられている。これらのGa N系半導体レーザーLD 1～7は、活性層と平行な方向に発光点が1列に並ぶように配設されている。

【0049】

したがって、各発光点から発せられたレーザービームB 1～7は、上述のように細長い形状とされた各コリメーターレンズ11～17に対して、拡がり角最大の方が開口径大の方向と一致し、拡がり角最小の方向が開口径小の方向と一致する状態で入射することになる。つまり、細長い形状とされた各コリメーターレンズ11～17は、入射するレーザービームB 1～7の楕円形の断面形状に対応して、非

有効部分を極力少なくして使用されることになる。本実施の形態では具体的に、コリメーターレンズ11~17の開口径は水平方向、垂直方向で各々1.1mm、4.6mmであり、それらに入射するレーザービームB1~7の水平方向、垂直方向のビーム径は各々0.9mm、2.6mmである。また、コリメーターレンズ11~17の各焦点距離 $f_1 = 3\text{mm}$ 、 $NA = 0.6$ 、レンズ配置ピッチ=1.25mmである。

【0050】

また図8の(1)および(2)はそれぞれ、集光レンズ20の拡大側面形状および正面形状を、要部の寸法（単位はmm）も入れて示すものである。ここに示されるように集光レンズ20も、非球面円形レンズの光軸を含む領域を細長く切り取って、コリメーターレンズ11~17の並び方向つまり水平方向に長く、それと直角な方向に短い形状とされている。そして該集光レンズ20の焦点距離 $f_2 = 12.5\text{mm}$ 、 $NA = 0.3$ である。この集光レンズ20も、例えば樹脂あるいは光学ガラスをモールド成形することによって形成される。

【0051】

他方、マルチモード光ファイバー30としては、三菱電線工業株式会社製のグレーデッドインデックス型光ファイバーを基本として、コア中心部がグレーデッドインデックスで外周部がステップインデックスである、コア径=25 μm 、 $NA = 0.3$ 、端面コートの透過率=99.5%以上のものが用いられている。本例の場合、先に述べたコア径 $\times NA$ の値は7.5 μm である。

【0052】

本実施の形態の構成においては、レーザービームB1~7のマルチモード光ファイバー30への結合効率が0.9となる。したがって、Ga_{0.49}N_{0.51}系半導体レーザーLD1~7の各出力が100mWのときには、出力630mW (=100mW \times 0.9 \times 7)の合波レーザービームBが得られることになる。

【0053】

次に、図9および10を参照して本発明の第2の実施の形態による合波レーザー光源について説明する。なおこの図9において、図1および2中の要素と同等の要素には同番号を付してあり、それらについての説明は特に必要のない限り省略する（以下、同様）。

【0054】

この第2の実施の形態のレーザー装置は、図1および2に示したレーザー装置と比べると、個別に形成された7個のコリメーターレンズ11～17に代えて、7つのレンズ要素51、52、53、54、55、56、57を有するコリメーターレンズアレイ50が用いられた点が基本的に異なるものである。

【0055】

コリメーターレンズアレイを使った場合の組立では、前記第1の実施の形態のように、個々のコリメーターレンズ調整によって、最終的に平行光の光軸合わせを行なうことができない。そのため一般的にはコリメーターレンズアレイと半導体レーザーアレイを同一寸法設計として、パッシブ的にあわせこむ手法で実装される。この方法は最も安価で工数も少なく、組立工程としてはシンプルなものとなる。

【0056】

しかしながらパッシブ実装を行うには、両者の組立のための基準面や位置決めマークを高精度で加工する必要があり、現実には実施するのは容易ではない。そこで、コリメーターレンズアレイと半導体レーザーアレイをレンズ要素と半導体レーザーとの関係を精度良く製作した上で、アレイ同士を調整位置決め固定して組立てる方法が考えられる。それぞれ個々の要素間の関係が決まっていれば、7つを平均的に合わせ込んで、集光合波する事が可能となる。アレイ同士の調整では3軸+光軸まわりの回転の4軸の調芯を行うが、光軸方向調整が含まれると、レンズホルダーが別途必要となり調芯工程が複雑化してしまう。

【0057】

一方ガラス成形コリメーターレンズアレイを使った場合に懸念されることは、7つのレンズ要素間の光学性能のばらつきである。高さ方向、ピッチ方向は金型で追い込みやすく性能が許容に近いが、焦点方向のばらつきはプリフォームの重量ばらつきや経時収縮など、焦点距離の1～3%めやすとかなり大きな設計値に対するずれが発生する。1つのアレイの中で個々に焦点距離がばらついたりすると、設計値通りに実装された半導体レーザーアレイに対して、レンズアレイを合わせ込もうとしても、7つ全部を最適に調整することができない。

【0058】

これに対して本発明では、コリメーターレンズアレイを構成する個々のレンズ要素の焦点距離を予め測定し、焦点距離補正した形で半導体レーザーアレイ化する事で、アレイレンズのばらつきを吸収し、良好にアレイ同士の焦点合わせができるようにしたものである。また焦点合わせを半導体レーザー位置で行うので、レンズによる調芯時にレンズホルダーが不要だけでなく、調芯が2軸+軸周り回転とすべて同一面内での調整に変わるので、装置構成がシンプルで工数も少なくできる。

【0059】

以下、第2の実施の形態について詳しく説明する。コリメーターレンズアレイ50のレンズ要素51~57の焦点距離を予め別の測定系にて測定しておく。それぞれの測定結果がコリメーターレンズ製作基準面を正にして、 f_1 に対する誤差 $\Delta f_{51} \sim \Delta f_{57}$ で表されたとする。半導体レーザーチップはサブマウントM上に予めジャンクションダウン実装され、この半導体レーザー付きサブマウントMをヒートブロック10上に順次並べてアレイ状にする時に、ヒートブロック10の一面を基準面Sにして、コリメーターレンズアレイ50の製作基準面を互いに突き当てにより面合わせし、この面から $f_1 = 3\text{ mm}$ の位置を基準として誤差 $\Delta f_{51} \sim \Delta f_{57}$ 分補正をかけて、光軸方向（焦点距離調整方向）に半導体レーザー付きサブマウントMを位置決めする。

【0060】

GaN系半導体レーザーLD1~7の並び方向には、設計寸法である1.1mmピッチで位置決めする。この方向の位置決めは個別レンズ調整と異なり、後で個別にレンズ調整することができず、アレイ全体での調整工程があるだけなので、厳しい実装精度が要求される。その後、調整した位置にて半導体レーザー付きサブマウントMをヒートブロック10に実装固定して半導体レーザーアレイにする。

【0061】

本実施の形態ではヒートブロック10の一面を基準面Sとした。部品精度、コストから一体のヒートブロック10に基準面をとる事が好ましいが、基準面は別部材で構成しても構わない。

【0062】

GaN系半導体レーザーLD1～7から発散光状態で出射したレーザービームB1, B2, B3, B4, B5, B6およびB7（図5参照）は、それぞれヒートブロック10の基準面Sに取り付けられたコリメーターレンズアレイ50のレンズ要素51, 52, 53, 54, 55, 56および57によって平行光化される。

【0063】

なぜならば、コリメーターレンズアレイ50をこの基準面Sに突き当て状態にした後、軸周りの回転調整をする事でLD1とレンズ要素51の間は $f_1 + \Delta f_{51}$ すなわち、実測焦点距離に等しくなるからである。他のLD2～LD7とレンズ要素52～57に対しても、互いの距離は実測焦点距離の $f_1 + \Delta f_{51} \sim f_1 + \Delta f_{57}$ に設定される（図9参照）。

【0064】

したがってレンズを改めて光軸方向に調整する必要がなくなり、光軸調整固定のためのレンズホルダを必要としない構造となる。

【0065】

次に上記に説明したアレイ状のGaN系半導体レーザーLD1～7から射出されるレーザービームB1～7の調整について説明する。レーザービームB1～7については、軸同士の平行度が重要になる。これらのレーザービームB1～7は平行光になっているが、互いに光軸同士が平行なビームとなっていないので、複数のコリメーターレンズ要素51～57を、ヒートブロック10の基準面Sに突き当て、焦点距離が変わらないようにして、GaN系半導体レーザーLD1～7に対して各々面内位置調整固定することによって、平行ビームの方向を合わせる事が必要となる。

【0066】

この時コリメーターレンズアレイ50が基準面Sに当て付けで押し付けられているが、焦点方向の再現性を保つには、レンズアレイ表面と基準面Sの表面粗さは部品製作上小さく抑える必要がある。好ましくは、中心線平均粗さRaで $1\mu\text{m}$ 以下とする。またコリメーターレンズアレイ50は個別レンズに比べて長さが大きくなるため、ヒートブロック10との熱膨張差による応力発生の抑制と、接着面凹

凸によるレンズの傾きや焦点方向の位置ズレなど対して、接着面積は小さい方が好ましく、接着強度を十分取れる範囲で設計する。コリメーターレンズアレイ50は、GaN系半導体レーザーLD1～7に対して、ヒートブロック基準面内位置調整が施され、7つの要素51～57が平均的に調芯されたところで固定される。GaN系半導体レーザーLD1～7とコリメーターレンズアレイ50の固定箇所はこの1箇所だけとなり、シンプルな調芯装置構成とする事ができるので、工数も少なくより信頼性の高い組立が期待できる。

【0067】

なおコリメーターレンズアレイ50とGaN系半導体レーザーLD1～7の高さ方向位置合わせは、この構成では調整が効かないため、パッシブ的に位置合わせを行う。したがってコリメーターレンズアレイ50とGaN系半導体レーザーLD1～7の高さ方向のばらつきは、ともに許容誤差範囲内に抑える必要がある。半導体レーザーアレイで高さ方向を合わせこむには通常、ジャンクションダウン実装を施す事がよいとされている。

【0068】

しかしながら、GaN系半導体レーザーLD1～7を直接ヒートブロック10にジャンクションダウン実装した場合には、焦点方向のばらつき調整による個々のGaN系半導体レーザーLD1～7の光軸方向の位置ずれによって、必ずしもヒートブロック端面にGaN系半導体レーザーLD1～7が実装されないため、ヒートブロック10でレーザービームのケラレが発生してしまう。一旦サブマウントに端面基準でジャンクションダウン実装してやれば、サブマウントの厚みによって、焦点方向に実装位置がばらついていても、サブマウント厚みの方が焦点ばらつき値に対して十分大きな値である為、半導体レーザービームのケラレの心配がなくなる。

【0069】

ただし該サブマウント厚みのばらつきを抑える事により、GaN系半導体レーザーLD1～7の発光点の高さばらつきを抑えてやる構成であるので、サブマウント厚みばらつきは高さ方向要求精度以上におさえこむ必要がある。

【0070】

以上のように、サブマウント付きの半導体レーザーアレイにする事で、焦点ばらつき調整によるレーザービームのケラレを無くしつつ、サブマウント厚みばらつきを抑えたジャンクションダウン実装によってアレイの高さ方向のばらつき抑制との両立が可能である。

【0071】

図11は、上述したケラレについて説明するものである。同図(a)と(b)は、ヒートブロック10に半導体レーザーLDが直接固定された場合を示し、(c)と(d)はヒートブロック10にレーザーダイオードLDがサブマウントMを介して固定された場合を示している。(a)と(b)の場合は、焦点位置合わせにより半導体レーザーLDの位置が調整されたとき、その位置に応じてケラレが発生しないこともあるし、発生することもある。それに対して(c)と(d)の場合は、焦点位置合わせにより半導体レーザーLDの位置が調整されたとき、その位置が大きく変わってもケラレが発生しない。

【0072】

また通常半導体レーザーは、ジャンクションアップ実装の場合は上から発光点を示す特徴点(たとえばリッジ)を見ることができるが、ジャンクションダウン実装の場合上からは発光点を示す特徴が無く、したがってチップを倒立光学系で、下からのぞき、ジャンクションアップ面を見ることで位置認識をしている。

【0073】

しかるにサブマウントにジャンクションダウン実装された半導体レーザーを上方から見た場合、半導体レーザーはビーム発光点を示す特徴点がなく、また下方からはサブマウントに実装されているために、レーザーをジャンクションアップの状態で見ることができない。したがって実装する際の位置決め情報を上下からの認識で得られない問題がある。

【0074】

そこで図12の(a)、(b)、(c)にそれぞれ上、横、下から見た状態を示すように、サブマウントMに対して半導体レーザーチップLDを突き出した状態で実装し、下から見た時に発光点を示すリッジ等の特徴点Hを認識できるようにする。これによってサブマウントMにジャンクションダウン実装した場合でも

、容易に下から位置認識ができるようになる。

【0075】

なお、ジャンクションダウン実装時に上記位置認識をするための別の構成を図13および14に示す。なおここでも、(a)、(b)、(c)にそれぞれ上、横、下から見た状態を示す。図13のものは、サブマウントMを透明部材や、あるいは赤外線を透過するSi等で構成したものである。それにより、下から見た時に、発光点を示すリッジ等の特徴点Hを認識できるようになる。図14のものは、サブマウントMに切欠きや穴等の開口部Gを設けたものである。それにより、下から見た時に、発光点を示すリッジ等の特徴点Hを認識できるようになる。この開口部Gは、形状は矩形や円など何でもよく、極力発光部に近い位置に形成するのがよい。

【0076】

なおコリメーターレンズの焦点距離の測定だけでなく、レンズ要素のピッチ間測定によって、ピッチ情報を事前に測定しておき、設計寸法1.1mmに対するピッチ誤差 $\Delta p_{51} \sim \Delta p_{57}$ としたときに、この誤差 $\Delta p_{51} \sim \Delta p_{57}$ 分補正をかけて、ピッチ方向（半導体レーザーのアレイ並び方向）に位置決めする。これによってアレイレンズが焦点方向、ピッチ方向に対して設計寸法通りにできない場合でも、事前の測定データを元に半導体レーザーアレイ実装の過程で補正をかけ、アレイ同士の調整をすることができる。

【0077】

次に、図15および16を参照して本発明の第3の実施の形態による合波レーザー光源について説明する。この第3の実施の形態のレーザー装置は、図9および10に示したレーザー装置と比べると、個別に形成された7個のGa_{0.49}In_{0.51}N系半導体レーザーLD1～7に代えて、7つの発光部C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7を有するマルチキャビティダイオードMCDが用いられた点が基本的に異なるものである。

【0078】

コリメーターレンズアレイ50とマルチキャビティダイオード70を使った組立では、前記第1の実施の形態のように、個々のコリメーターレンズ調整によって、最

最終的に平行光の光軸合わせをすることができない。そのため一般的には、コリメーターレンズアレイ50とマルチキャビティダイオード70を同一寸法設計として、パッシブ的にあわせこむ手法で実装される。この方法は最も安価で工数も少なく、組立工程としてはシンプルなものとなる。

【0079】

しかしながらパッシブ実装を行なうには、両者の組立のための基準面や位置決めマークを高精度で加工する必要があり、現実には行うのが困難である。そこでコリメーターレンズアレイ50とマルチキャビティダイオード70を、各々レンズ要素と半導体レーザー要素との関係を精度良く製作した上で、アレイ同士を調整位置決め固定して組立てる方法が考えられる。それぞれ個々の要素間の関係が決まっていれば、7つを平均的に合わせ込んで、集光合波することが可能となる。アレイ同士の調整では3軸+光軸まわりの回転の4軸の調芯を行うが、光軸方向調整が含まれると、レンズホルダーが別途必要となり調芯工程が複雑化してしまう。

【0080】

一方ガラス成形コリメーターレンズアレイを使った場合に懸念されることは、7つのレンズ要素間の光学性能のばらつきである。高さ方向、ピッチ方向は金型で追い込みやすく性能が許容に近いが、焦点方向のばらつきはプリフォームの重量ばらつきや経時収縮など、焦点距離の1~3%目安とかなり大きな設計値に対するずれが発生する。1つのアレイの中で個々に焦点距離がばらついたりすると、リソグラフィー精度でほぼ設計値とおりに出来上がるマルチキャビティダイオードに対して、レンズアレイを合わせ込もうとしても、7つ全部を最適に調整することができない。したがって要素同士のばらつきを小さく製作する事が最低条件となる。そのうえで、個々のレンズ間の焦点のばらつきに対しては第1、第2の実施の形態と同じ考え方で補正が可能である。

【0081】

すなわち本実施の形態では、コリメーターレンズアレイ50を構成する個々のレンズ要素の焦点距離を予め測定し、この焦点距離の平均値と設計上の焦点距離 f 1との誤差 Δf とすると、 Δf を補正した形でマルチキャビティダイオード70を

ヒートブロック10に実装することで、アレイレンズの焦点方向のずれを補正した形でつくれば、レンズアレイを基準面に突き当てるだけで、良好にアレイ同士の焦点合わせができるようになる。また焦点合わせをマルチキャビティダイオード70のヒートブロック10への実装位置で行うので、レンズによる調芯時にレンズホルダーが不要だけでなく、調芯が2軸+軸周り回転とすべて同一面内での調整に変わるので、装置構成がシンプルで工数も少なくできる。

【0082】

以下、調整作業について詳しく説明する。コリメーターレンズアレイ50のレンズ要素51～57の焦点距離を予め別の測定系にて測定しておく。それぞれの測定結果の平均値を求め、コリメーターレンズ製作基準面を正にして、焦点距離 f_1 に対する平均値との差分を誤差 Δf で表わすものとする。マルチキャビティダイオード70はサブマウントM上に予めジャンクションダウン実装され、このマルチキャビティダイオード付きサブマウントMをヒートブロック10上に実装する時に、マルチキャビティダイオード用ヒートブロック10の一面Sを基準面にして、コリメーターレンズアレイ50の製作基準面を互いに突き当てにより面合わせし、この面から $f_1 = 3 \text{ mm}$ の位置を基準として誤差 Δf 分の補正をかけて、光軸方向（焦点距離調整方向）にマルチキャビティダイオード付きサブマウントMを位置決める。

【0083】

ピッチ方向には設計寸法である1.1mmピッチで発光点の並んだマルチキャビティダイオード70を使っており、アレイ全体での調整工程があるので、ピッチ方向の位置決めは半導体レーザーアレイの調整と異なり、それほど厳しい実装精度で実装しなくても問題ない。その後調整した位置にてマルチキャビティダイオード付きサブマウントMをヒートブロック10に実装固定する。

【0084】

以上、合波本数を7本とした実施の形態について説明したが、本発明のレーザー装置を用いる場合の合波本数はこの7本に限られるものではなく、2本以上のいずれの数を選択されてもよい。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の第1の実施の形態によるレーザー装置を示す平面図

【図2】

図1のレーザー装置の側面図

【図3】

図1のレーザー装置の一部を示す斜視図

【図4】

上記レーザー装置を備えた紫外光高輝度合波ファイバーモジュールの側面図

【図5】

上記紫外光高輝度合波ファイバーモジュールの平面図

【図6】

上記紫外光高輝度合波ファイバーモジュールの部分正面図

【図7】

上記合波レーザー光源に用いられたコリメーターレンズの側面図(1)と正面図(2)

【図8】

上記合波レーザー光源に用いられた集光レンズの側面図(1)と正面図(2)

【図9】

本発明の第2の実施の形態によるレーザー装置を示す平面図

【図10】

図9のレーザー装置の側面図

【図11】

レーザー素子の実装構造によるレーザービームのケラレを説明する図

【図12】

サブマウントに対するレーザー素子の実装構造例を示す概略図

【図13】

サブマウントに対するレーザー素子の実装構造例を示す概略図

【図14】

サブマウントに対するレーザー素子の実装構造例を示す概略図

【図 15】

本発明の第3の実施の形態によるレーザー装置を示す平面図

【図 16】

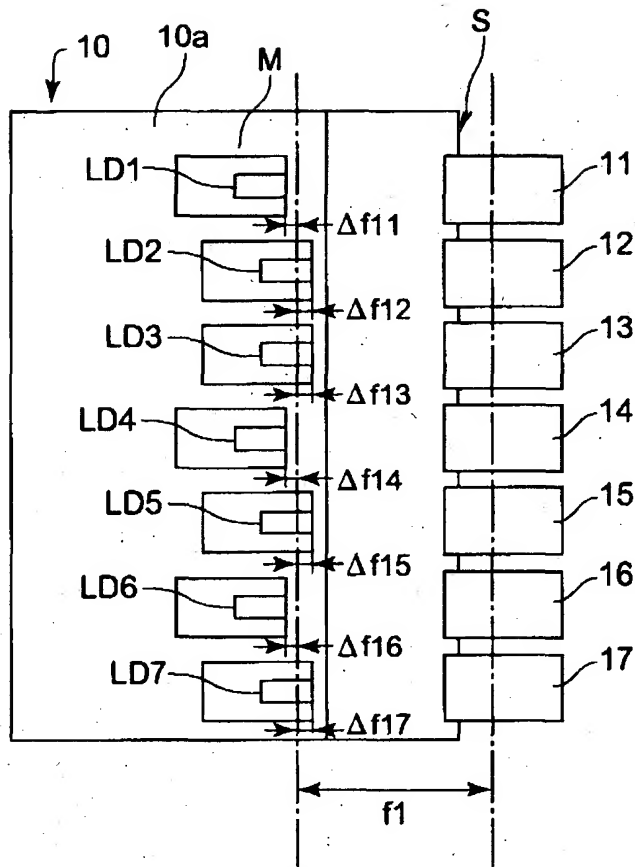
図 15 のレーザー装置の側面図

【符号の説明】

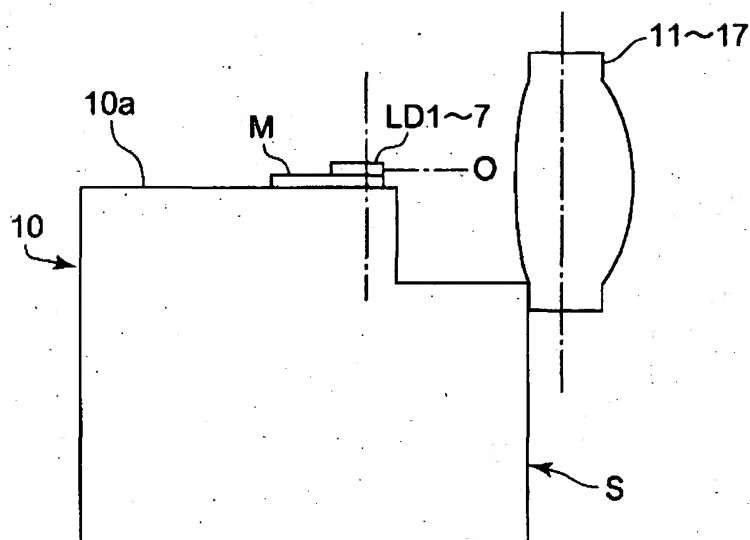
- 10 ヒートブロック
- 11~17 コリメーターレンズ
- 20 集光レンズ
- 30 マルチモード光ファイバー
- 30 a マルチモード光ファイバーのコア
- 50 コリメーターレンズアレイ
- 70 マルチキャビティダイオード
- LD 1 ~ 7 GaN系半導体レーザー
- B 1 ~ 7 レーザービーム
- B 合波されたレーザービーム
- M サブマウント
- S 基準面

【書類名】 図面

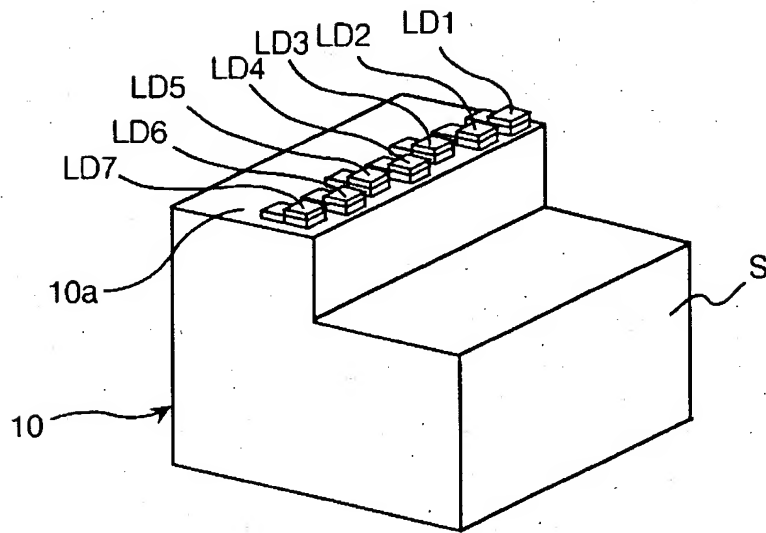
【図 1】



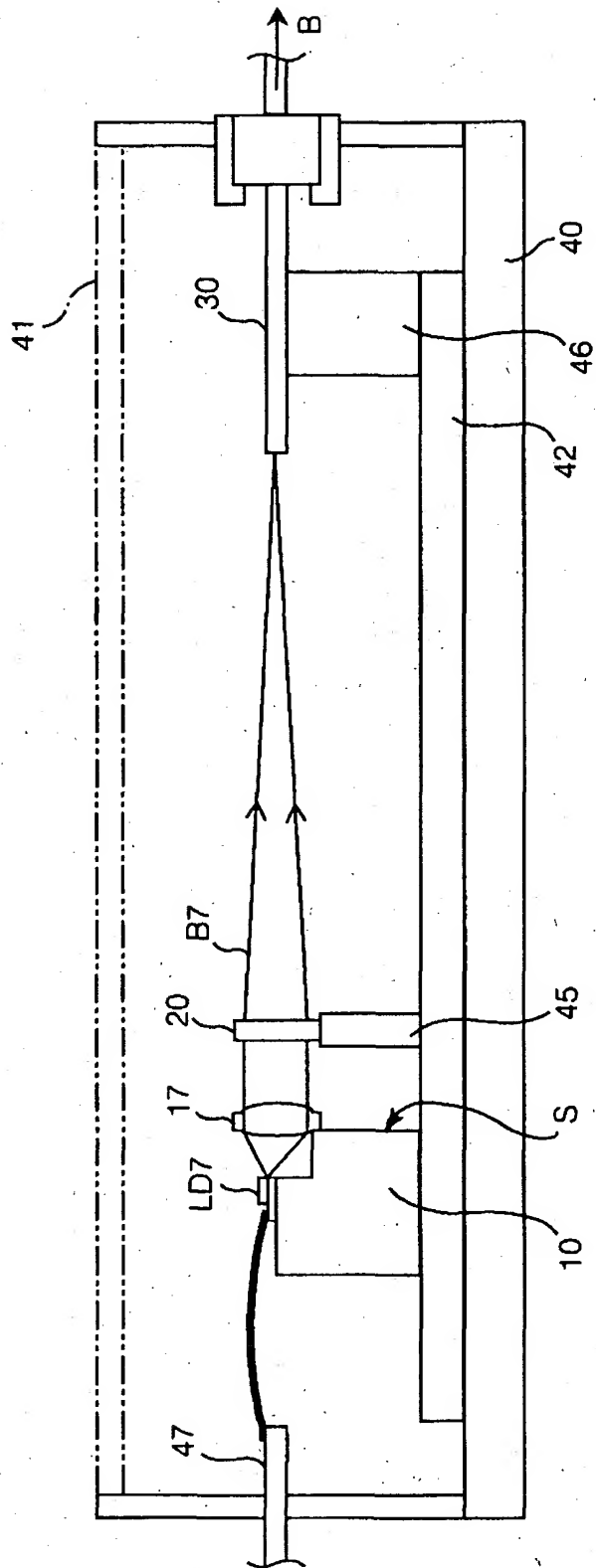
【図 2】



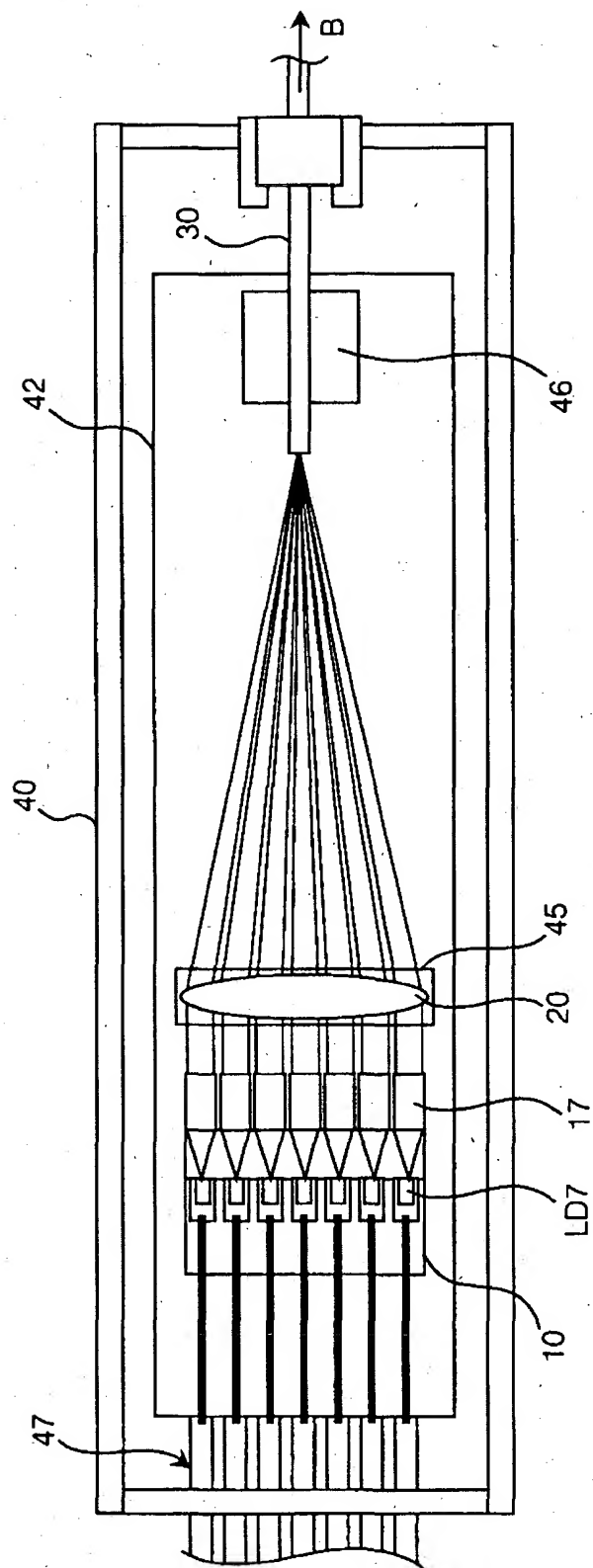
【図3】



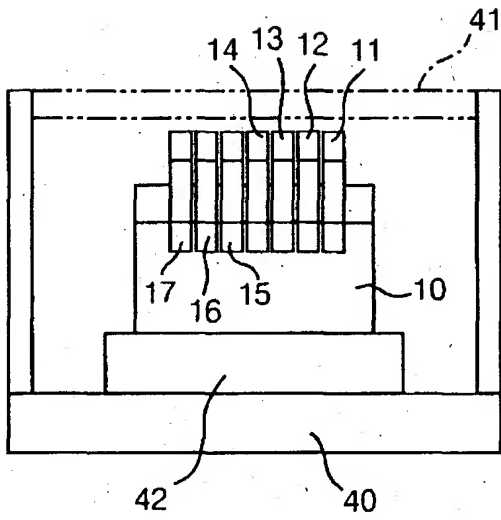
【図 4】



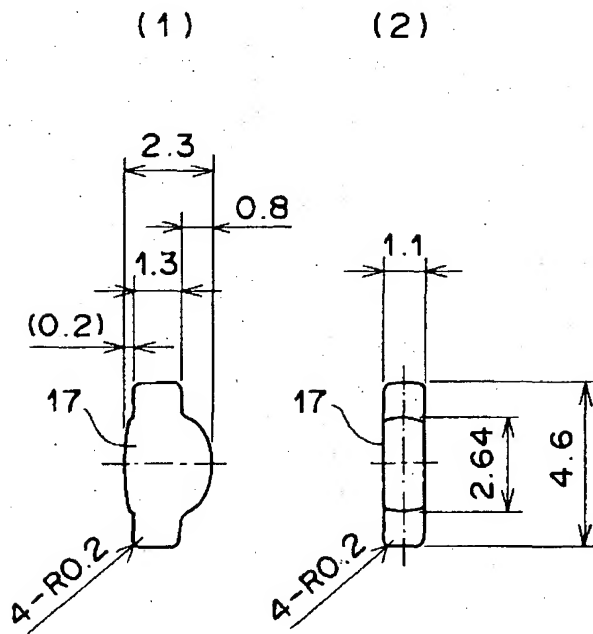
【図 5】



【図6】



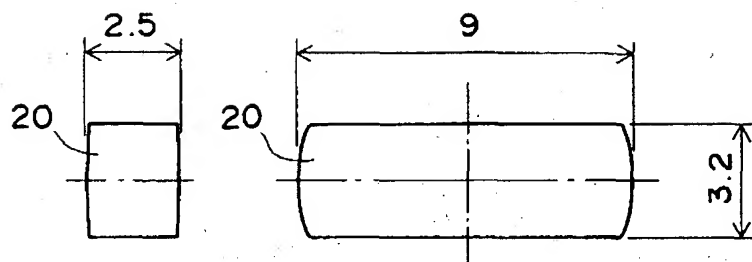
【図7】



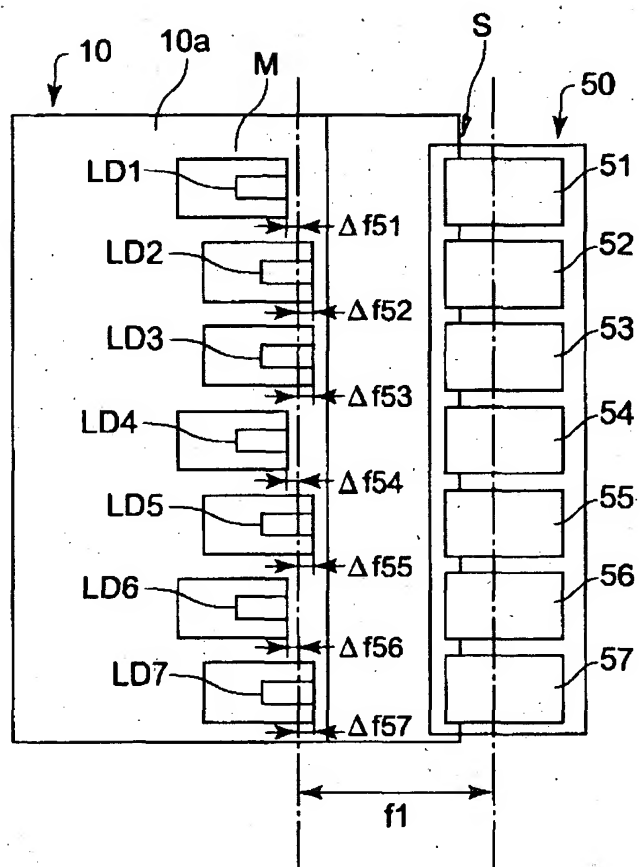
【图 8】

(1)

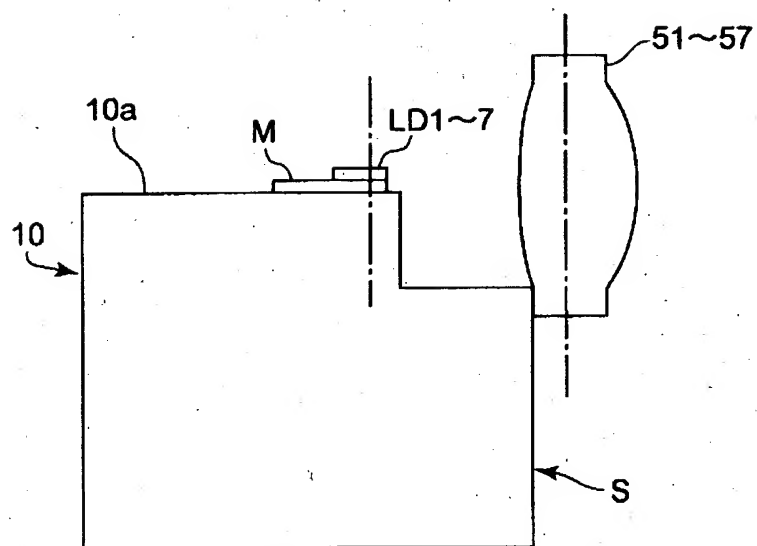
(2)



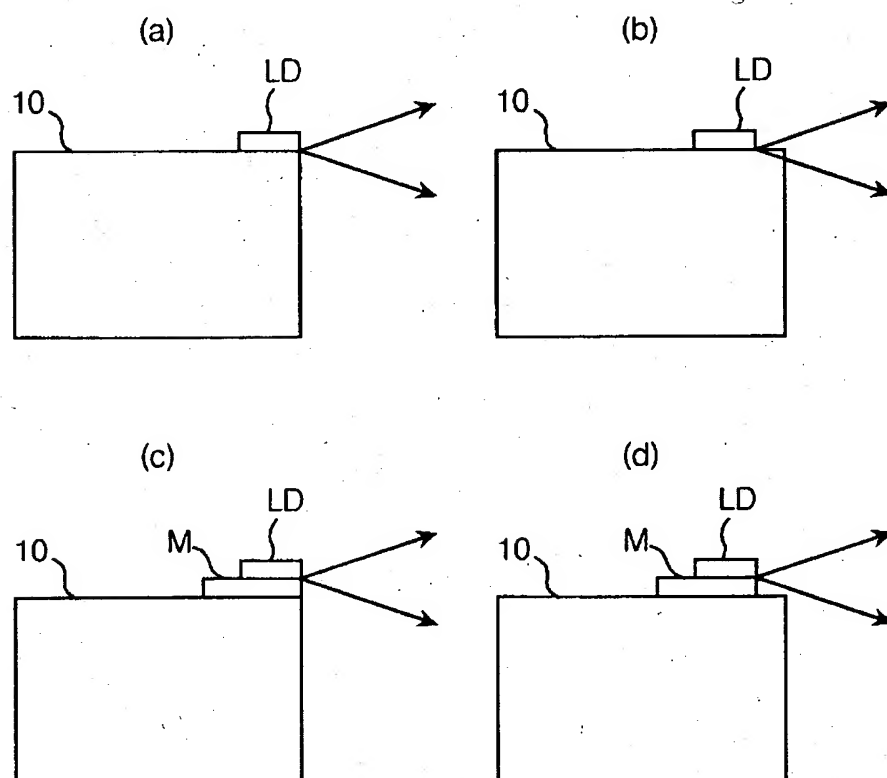
【図 9】



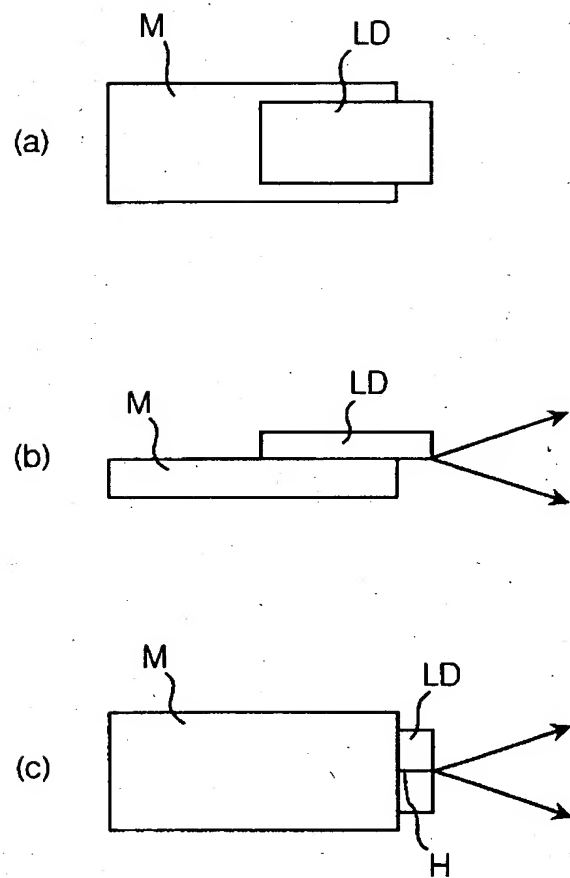
【図 10】



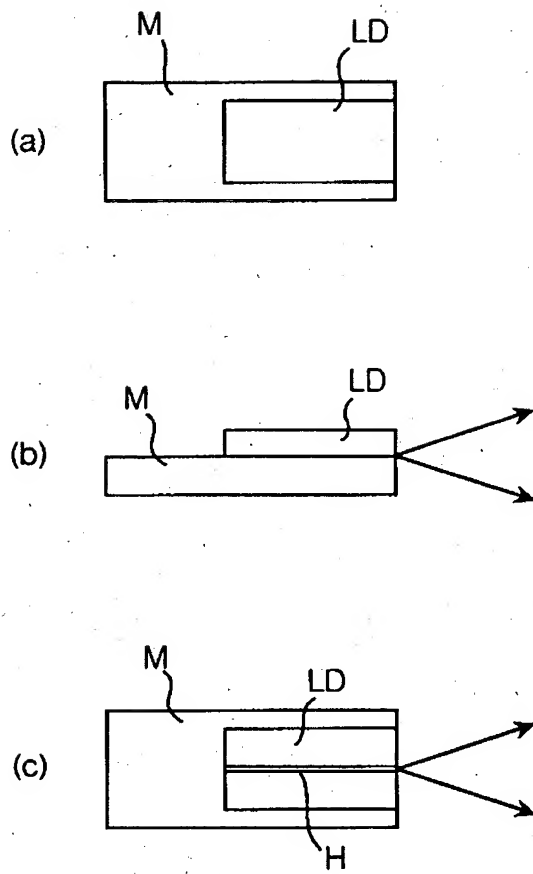
【図 11】



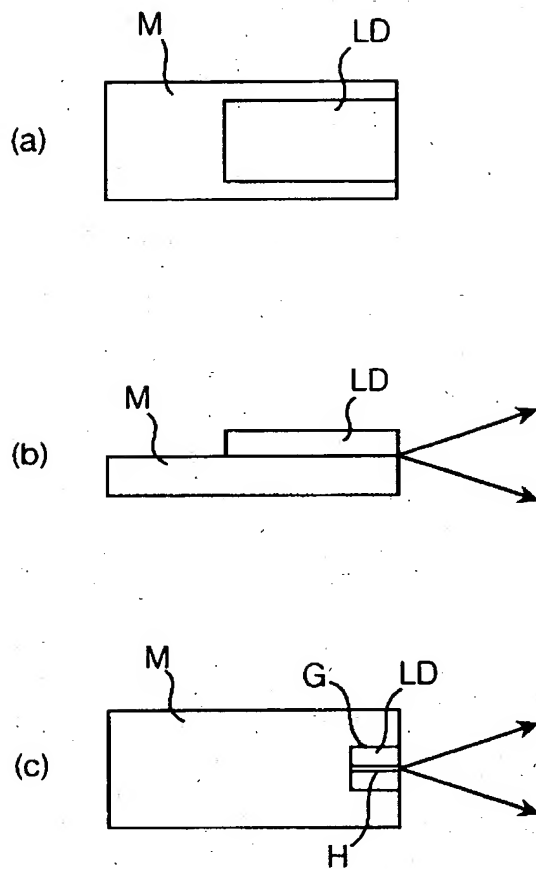
【図 1 2】



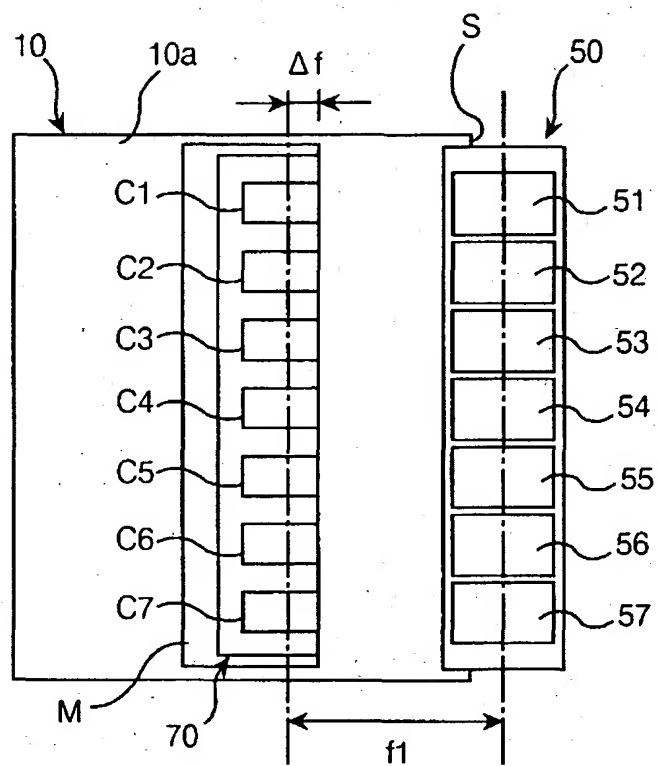
【図13】



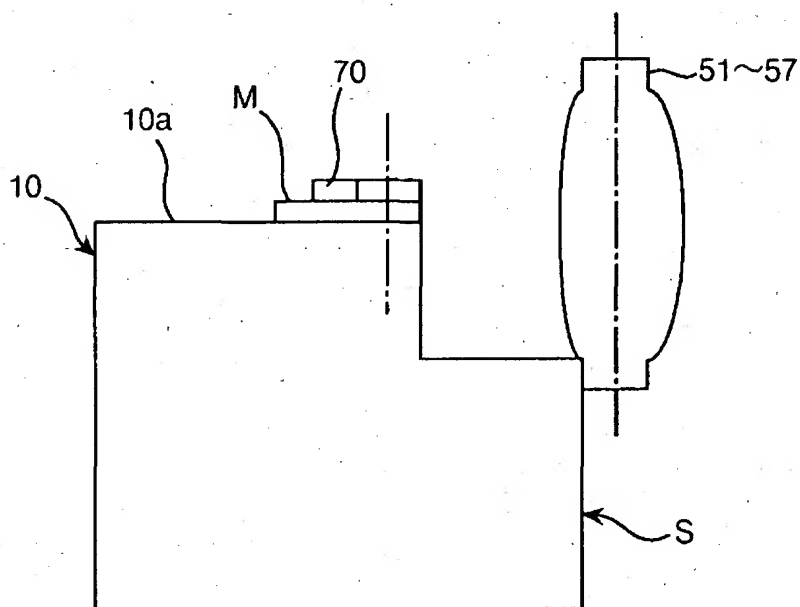
【図 14】



【図15】



【図16】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 複数の半導体レーザーが各発光点が一方向に並ぶ状態に配設されるレーザー装置を製造する方法において、コリメーターレンズの焦点位置が半導体レーザーの発光点にあって、かつ各半導体レーザーの発光点とコリメーターレンズの中心を結ぶ線が互いに平行になっている状態に両者を正確に位置合わせ可能とする。

【解決手段】 ブロック10の半導体レーザーLD1～7を固定する部分よりも前方側に、半導体レーザーLD1～7の発光軸Oに垂直とされた平滑な基準面Sを形成する。そして複数の半導体レーザーLD1～7をそれぞれ、対応するコリメーターレンズ11～17の焦点距離測定情報に基づいて発光軸方向に位置調整してブロック10に固定し、その後複数のコリメーターレンズ11～17を、基準面Sに倣って位置調整する。

【選択図】 図1

認定・付加情報

特許出願の番号	特願2002-201906
受付番号	50201012911
書類名	特許願
担当官	第二担当上席 0091
作成日	平成14年 7月11日

<認定情報・付加情報>

【提出日】	平成14年 7月10日
【特許出願人】	
【識別番号】	000005201
【住所又は居所】	神奈川県南足柄市中沼210番地
【氏名又は名称】	富士写真フイルム株式会社
【代理人】	申請人
【識別番号】	100073184
【住所又は居所】	神奈川県横浜市港北区新横浜3-18-3 新横 浜KSビル 7階
【氏名又は名称】	柳田 征史
【選任した代理人】	
【識別番号】	100090468
【住所又は居所】	神奈川県横浜市港北区新横浜3-18-3 新横 浜KSビル 7階
【氏名又は名称】	佐久間 剛

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000005201]

1. 変更年月日 1990年 8月14日
[変更理由] 新規登録
住 所 神奈川県南足柄市中沼210番地
氏 名 富士写真フイルム株式会社